

# GaN LIGHT EMITTING DIODE OF VERTICAL STRUCTURE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

**Patent number:** KR20040058479 (A)

**Publication date:** 2004-07-05

**Inventor(s):** HAM HEON JU; NA JEONG SEOK; PARK YEONG HO; YOO SEUNG JIN +

**Applicant(s):** SAMSUNG ELECTRO MECH +

**Classification:**


- **international:** **H01L21/00; H01L29/06; H01L33/10; H01L33/32; H01L33/34; H01L21/00; H01L29/02; H01L33/00;** (IPC1-7): H01L33/00


- **europaean:** H01L33/00G3D


**Application number:** KR20020084703 20021227


**Priority number(s):** KR20020084703 20021227


## Also published as:

 US2005173692 (A1)

 US7268372 (B2)

 US2005214965 (A1)

 US7112456 (B2)

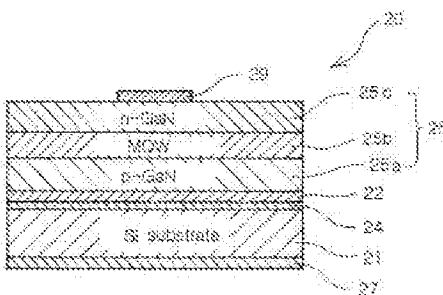
 TW242891 (B)

more >>

## Abstract of KR 20040058479 (A)

**PURPOSE:** A GaN LED(Light Emitting Diode) of vertical structure and a manufacturing method thereof are provided to improve radiation effect, reduce forward voltage, and enhance the discharge effect for static electricity by using a conductive substrate instead of a sapphire substrate.

**CONSTITUTION:** A GaN LED(20) is provided with the first conductive type GaN clad layer(25c) having the first contact(29), an active layer(25b) on the lower surface of the first conductive type GaN clad layer, and the second conductive type GaN clad layer(25a) on the lower surface of the active layer. The GaN LED further includes a conductive adhesive layer(24) at the lower portion of the second conductive GaN clad layer and a conductive substrate(21) on the lower surface of the conductive adhesive layer. The conductive substrate has the second contact(27). The conductive substrate is made of one selected from a group consisting of silicon, germanium, and GaAs.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.<sup>7</sup>  
H01L 33/00

(11) 공개번호 10- 2004- 0058479  
(43) 공개일자 2004년07월05일

(21) 출원번호 10- 2002- 0084703  
(22) 출원일자 2002년12월27일

(71) 출원인 삼성전기주식회사  
경기 수원시 팔달구 매탄3동 314번지

(72) 발명자 박영호  
경기도수원시팔달구원천동원천주공아파트103- 408

함헌주  
경기도성남시분당구금곡동(청솔마을)주공아파트508- 303

나정석  
서울특별시관악구봉천동1557- 30번지

유승진  
경기도평택시소사동136- 3

(74) 대리인 특허법인씨엔에스

심사청구 : 있음

(54) 수직구조 갈륨나이트라이드 발광다이오드 및 그 제조방법

요약

본 발명은 수직 구조를 갖는 GaN 발광다이오드에 관한 것이다.

본 발명은, 제1 컨택이 형성된 상면을 갖는 제1 도전형 GaN 클래드층과, 상기 제1 도전형 GaN 클래드층 하면에 형성된 활성층과, 상기 활성층 하면에 형성된 제2 도전형 GaN 클래드층과, 상기 제2 도전형 GaN 클래드층에 형성된 도전성 접착층과, 상기 도전성 접착층 하면에 형성되며, 제2 컨택이 형성된 하면을 갖는 도전성 기판을 포함하는 GaN 발광 다이오드를 제공한다. 본 발명은 상기 수직구조 GaN 발광다이오드의 제조방법도 제공한다. 특히, 상기 방법에서는 GaN 단결정면의 손상을 방지할 수 있는 사파이어 기판을 분리하는 공정이 제안된다.

본 발명의 GaN 발광다이오드에 따르면, 열방출효과와 전류밀도분포가 향상되고 휘도가 획기적으로 향상될 수 있을 뿐만 아니라, 개별소자로 절단하는 공정이 매우 용이해진다. 특히, 본 발명에서 제안된 사파이어 기판 분리공정은 GaN 결정면의 손상을 방지할 수 있어 보다 우수한 수직구조 GaN 발광다이오드를 제조할 수 있다는 잇점이 있다.

대표도

도 2

색인어

수직구조 발광다이오드, GaN 발광다이오드, 사파이어기판, 레이저용융공정

명세서

## 도면의 간단한 설명

도1은 종래의 GaN 발광다이오드를 개략적으로 나타내는 측면면도이다.

도2는 본 발명의 일실시형태에 따른 수직구조 GaN 발광다이오드를 개략적으로 나타내는 측면면도이다.

도3a- 3e은 본 발명에 따른 GaN 발광다이오드의 제조공정을 설명하기 위한 각 단계별 공정단면도이다.

도4a는 통상의 레이저 빔 조사에 의해 잔류응력이 발생하는 사파이어기판과 GaN 단결정 발광구조물을 도시한다.

도4b는 통상의 사파이어 분리과정에 의해 손상된 GaN 단결정 발광구조물의 표면을 나타낸다.

도5a- 5e는 본 발명에 따른 바람직한 GaN 발광다이오드의 제조방법에서 사용되는 사파이어분리공정을 설명하기 위한 각 단계별 공정단면도이다.

## <도면의 주요부분에 대한 부호설명>

21: 실리콘 기판 22: 반사층

24: 도전성 접착층 25a: p형 GaN 클래드층

25b: 활성층 25c: n형 GaN 클래드층

25: GaN 단결정 발광구조물 27,29: p형 컨택, n형 컨택

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 수직구조 GaN 발광 다이오드 및 그 제조방법에 관한 것으로, 특히 낮은 열전도성을 갖는 절연성물질인 사파이어기판을 제거하고 실리콘기판과 같은 도전성 기판을 장착함으로써 휘도 및 신뢰성을 향상시킨 GaN 발광 다이오드 및 그 제조방법에 관한 것이다.

일반적으로, 발광 다이오드(light emission diode: LED)는 전자와 홀의 재결합에 기초하여 발광하는 반도체소자로서, 광통신, 전자기기에서 여러 형태의 광원으로 널리 사용되고 있다. 상기 화합물 중 GaN는 청색 발광다이오드소자를 제조하는 화합물로서 각광받는다.

상기 발광 다이오드에서 발생하는 광의 주파수(혹은 파장)는 사용되는 반도체 재료의 밴드 갭 함수이다. 작은 밴드 갭에서는 낮은 에너지와 더 긴 파장의 광자를 발생하고, 더 짧은 파장의 광자를 발생하기 위해서는 더 넓은 밴드 갭을 가지는 재료가 요구된다.

예를 들어, 레이저에 흔히 사용되는 AlGaInP물질은, 가시 스펙트럼의 적색부(약 600- 700nm)에 해당한다. 반면에, 스펙트럼의 청색 또는 자외선 파장을 갖는 빛을 생성하기 위해서는 비교적 큰 밴드 갭을 가지는 반도체 재료인 실리콘 카바이드(SiC)와 III족 질화물계 반도체, 특히 갈륨 나이트라이드(GaN)가 있다. 단파장 LED는 색자체 외에도, 광기록장치(optical storage)의 저장공간을 증가시킬 수 있다는 장점(적색광에 비해 약 4배 증가가능)을 갖고 있다.

이와 같은 청색광을 위한 III족 질화물계 화합물 반도체 중 GaN는 다른 III족 질화물계와 마찬가지로, 벌크 단결정체를 형성할 수 있는 실용가능한 기술이 없다. 따라서, GaN결정의 성장을 적합한 기판을 사용하여야 한다. 이와 같은 GaN결정을 위한 성장기판으로는 사파이어, 즉 알루미늄 옥사이드( $Al_2O_3$ )기판이 대표적이다.

하지만, 사파이어기판은 절연성 기판을 사용함으로써, GaN계 발광 다이오드의 구조에 있어서 큰 제약을 받는다. 도1에 도시된 종래의 GaN계 발광 다이오드의 구조를 통해 구체적으로 설명하기로 한다.

도1은 종래의 GaN 발광다이오드의 측면면도이다. GaN 발광 다이오드(10)는 사파이어 성장 기판(11)과 그 사파이어 기판(11) 상에 형성된 GaN 발광구조물(15)을 포함한다.

상기 GaN 발광구조물(15)은 상기 사파이어 기판 상에(11) 순차적으로 형성된 n형 GaN 클래드층(15a)과 다중양자우물(Multi- Quantum Well)구조의 활성층(15b)과 p형 GaN 클래드층(15c)로 구성된다. 상기 발광구조물(15)은 MOCVD 등의 공정을 이용하여 성장될 수 있다. 이 때, n형 GaN 클래드층(15a)을 성장하기 전에 사파이어기판(11)과의 격자정합을 향상시키기 위해, AlN/GaN으로 이루어진 버퍼층(미도시)을 형성할 수도 있다.

또한, 소정의 영역에 해당하는 p형 GaN 클래드층(15c)과 활성층(15b)을 건식에칭하여 n형 GaN 클래드층(15a) 일부 상면을 노출시키고, 그 노출된 n형 GaN 클래드층(15a) 상면과 p형 클래드층(15c) 상면에 각각 소정의 전압을 인가하기 위한 n형 컨택(19)과 p형 컨택(17)을 형성한다. 일반적으로 전류주입면적을 증가시키면서도 휘도에 악영향을 주지 않기 위해서, n형 클래드층(13) 상면에는 p형 컨택(17)을 형성하기 전에 투명전극(transparent electrode: 16)을 형성할 수도 있다.

이와 같이, 종래의 GaN 발광다이오드(10)는 절연물질인 사파이어 기판(11)을 사용하기 때문에, 두 컨택(17,19)이 거의 수평한 방향으로 형성될 수 밖에 없다. 따라서, 전압인가시에 n형 컨택(19)으로부터 활성층(15b)을 통해 p형 컨택(17)으로 향하는 전류흐름이 수평방향을 따라 협소하게 형성될 수 밖에 없다. 이러한 협소한 전류흐름으로 인해, 상기 발광 다이오드(10)는 순방향 전압( $V_f$ )이 증가하여 전류효율이 저하되며, 정전기방전(electrostatic discharge)효과가 취약하다는 문제가 발생된다.

또한, 종래의 GaN 발광다이오드(10)에서는, 전류밀도의 증가에 의해 열발생량이 크고, 반면에 사파이어 기판(11)의 낮은 열전도성에 의해 열방출이 원활하지 못하므로, 열증가에 따라 사파이어기판(11)과 GaN 발광구조물(15) 간에 기계적 응력이 발생하는 소자가 불안정해질 수 있다.

나아가, 종래의 GaN 발광다이오드(10)에서는, n형 컨택(19)을 형성하기 위해서, 적어도 형성할 컨택(19)의 면적보다 크게 활성층(15b)의 일부영역을 제거하여야 하므로, 발광면적이 감소되어 소자크기 대 휘도에 따른 발광효율이 저하된다는 문제도 있다.

이와 같이, 당 기술분야에서는, GaN 단결정성장에 필요한 사파이어 기판으로 비롯되는 문제를 해소함으로써, 휘도 및 소자의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 새로운 구조의 GaN 청색 발광 다이오드 및 그 제조방법에 요구되어 왔다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위해서 안출된 것으로, 그 목적은 열전도성이 낮은, 절연성 사파이어 기판을 제거하고, 도전성 기판을 도전성 접착층으로 부착함으로써, 대향하는 소자의 양면에 컨택이 형성되는 수직구조를 갖는 GaN 발광 다이오드를 제공하는데 있다.

또한, 본 발명의 다른 목적은, 상기 수직 구조 GaN 발광 다이오드를 제조하는 방법도 제공하는 것이다. 본 발명에 따른 GaN 발광 다이오드의 제조방법에서는, 사파이어기판과 GaN단결정인 발광구조물을 안정적으로 분리할 수 있는 바람직한 공정이 추가적으로 제공된다.

#### 발명의 구성 및 작용

상기 기술적 과제를 달성하기 위해서, 본 발명은,

제1 컨택이 형성된 상면을 갖는 제1 도전형 GaN 클래드층과, 상기 제1 도전형 GaN 클래드층 하면에 형성된 활성층과, 상기 활성층 하면에 형성된 제2 도전형 GaN 클래드층과, 상기 제2 도전형 GaN 클래드층에 형성된 도전성 접착층과, 상기 도전성 접착층 하면에 형성되며, 제2 컨택이 형성된 하면을 갖는 도전성 기판을 포함하는 GaN 발광 다이오드를 제공한다.

본 발명의 바람직한 실시형태에서는, 소자의 상부로 향하는 빛의 휘도를 향상시키기 위해, 상기 제2 도전형 GaN 클래드층과 도전성 접착층 사이에 형성된, 도전성물질로 이루어진 반사층을 더 포함할 수 있다. 이러한 반사층으로는, Au, Ni, Ag, Al 및 그 합금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 물질을 사용할 수 있다.

또한, 상기 도전성 기판으로는, 실리콘, 게르마늄, 및 GaAs를 포함하는 그룹으로부터 선택된 물질로 사용하는 것이 바람직하며, 상기 도전성 접착층으로는 Au- Sn, Sn, In, Au- Ag 및 Pb- Sn을 포함하는 그룹으로부터 선택된 물질을 사용하는 것이 바람직하다.

본 발명의 수직 구조 GaN 발광다이오드에서, 보다 전류밀도분포를 개선하기 위해서, 상기 제1 도전형 GaN 클래드층을 n형 불순물이 도핑된 GaN 결정층으로 형성하고, 상기 제2 도전형 클래드층을 p형 불순물이 도핑된 GaN 결정층으로 형성하는 것이 바람직하다.

본 발명은 상기 수직구조 GaN 발광다이오드의 제조방법을 제공한다. 상기 방법은, 사파이어기판 상에, 제1 도전형 GaN 클래드층, 활성층 및 제2 도전형 GaN 클래드층이 순차적으로 배치된 발광구조물을 형성하는 단계와, 상기 발광구조물을 소정의 크기로 절단하는 단계와, 상기 발광구조물의 상면 전체에 도전성 접착층을 이용하여 하나의 도전성 기판을 접합하는 단계와, 상기 발광구조물로부터 상기 사파이어기판을 제거하는 단계와, 상기 제1 도전형 클래드층의 양면 중 상기 사파이어 기판이 제거된 면과 상기 도전성 기판의 노출된 면에 제1 및 제2 컨택을 각각 형성하는 단계와, 상기 제1 및 제2 컨택이 형성된 결과물을 개별 발광다이오드로 절단하는 단계를 포함한다.

상기 사파이어기판을 제거하는 단계는 상기 사파이어기판 하부에 레이저 빔을 조사하여 상기 발광구조물로부터 상기 사파이어기판을 분리하는 단계일 수 있다. 여기서 절단된 발광구조물이 크기는 상기 레이저빔에 의한 조사면적과 거의 동 일하거나 작을 수 있으며, 각각 개별 발광다이오드에 일치하는 크기로 절단할 수도 있다.

상기 도전성 접착층을 이용하여 도전성 기판을 접착하는 단계는, 도전성 접착층을 미리 도전성 기판의 하면에 형성하여 접합할 수도 있으며, 상기 발광구조물 상면에 형성한 뒤에 도전성 기판을 접합하는 방식을 사용할 수도 있다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명하기로 한다.

도2는 본 발명의 바람직한 실시형태에 따른 GaN 발광 다이오드(40)의 측면면도이다.

상기 GaN 발광 다이오드(20)는 p형 GaN 클래드층(25a), 활성층(25b) 및 n형 GaN 클래드층(25c)을 포함하는 발광구조물(25)을 포함하며, 선택적으로 상기 p형 GaN 클래드층(25a)하면에 형성된 반사층(22)을 포함할 수 있다. 상기 반사층(22)은 도전성 접착층(24)을 이용하여 실리콘 기판(21)과 접착된다. 상기 반사층(22)은 소자 상면으로 향하는 유효회로를 향상시키기 위한 층으로서, 반사율이 높은 금속으로 이루어질 수 있다. 바람직하게는, 상기 반사층(22)은 Au, Ni, Ag, Al 및 그 합금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 물질로 이루어질 수 있다.

또한, 상기 반사층(22)하면에는 상기 도전성 접착층(24)이 형성된다. 본 발명에 따른 GaN 단결정인 발광구조물(25)은 사파이어기판 상에 성장되나, 사파이어 기판측의 반대면에 도전성 기판을 부착하고, 사파이어기판을 제거하는 공정으로 통해 도2에 도시된 GaN 발광 다이오드(20)와 같이 수직구조로 구현된다.

이를 구현하기 위해서, 실리콘 기판(21)을 부착하기 위해 도전성 접착층(24)이 사용된다. 본 발명에서 사용되는 도전성 접착층(24)은 접착성을 갖는 도전성 물질이어야 한다. 이러한 재료로는 Au- Sn, Sn, In, Au- Ag 및 Pb- Sn을 포함하는 그룹으로부터 선택된 금속 접합재를 사용하는 것이 바람직하다. 이와 같이, 도전성 접착층(24)을 구성하는 물질은 금속 또는 합금으로 이루어지므로, 비교적 높은 반사도를 갖는다. 따라서, 상기 반사층(22)이 생략하더라도, 본 발명에서는 도전성 접합층(24)의 반사도에 의해 회로를 향상시킬 수 있는 효과도 있다.

본 실시형태와 같이, 도전성기판으로 실리콘 기판(41)을 사용할 수 있다. 하지만, 본 발명에서는 절연성 기판인 사파이어 기판과 달리 도전성 기판이면 만족한다. 본 발명에서 사용될 수 있는 도전성 기판으로는 실리콘, 게르마늄 및 GaAs 등이 있을 수 있다.

이와 같이, 본 실시형태에 따른 발광 다이오드(20)는 상하부가 전기적으로 도통될 수 있는 구조를 갖는다. 따라서, 상기 실리콘 기판(21)의 하면과 n형 GaN 클래드층(25c)의 상면 일부에는 각각 p형 컨택(27)과 n형 컨택(29)을 형성함으로써 도2와 같은 수직 구조 GaN 발광 다이오드가 완성된다.

본 실시형태에 따른 GaN 발광 다이오드(20)는 종래의 수평구조보다 여러가지 잇점을 제공한다. 우선, 사파이어기판 대신에 실리콘 기판(21)을 사용함으로써 열발출효과가 양호해지고, 전류효율도 종래의 수평구조 발광다이오드보다 넓은 면적을 통해 형성되어 순방향 전압( $V_f$ )을 감소시킬 수 있으며, 정전기 방전효과도 향상시킬 수 있다.

또한, 공정측면에서는, 전류밀도분포를 충분히 개선할 수 있으므로, 투명전극의 형성공정이 필요하지 않으며, 견고한 사파이어기판이 제거되므로, 개별 소자 단위로 절단하는 공정이 간소해질 수 있다. 한편, LED의 회로측면에서도, 종래의 수평구조 발광다이오드와 달리, 활성층의 일부를 식각하는 공정이 요구되지 않으므로, 넓은 발광면적을 확보할 수 있어 회로를 보다 향상시킬 수 있다는 잇점이 있다.

도2에 도시된 GaN의 발광다이오드(20)에서, 발광 구조물(25)은 활성층(25b)을 기준으로 상부에 n형 GaN 클래드층(25c)과 하부에 p형 GaN 클래드층(25a)이 형성된 형태로 예시되어 있으나, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 당업자에게 자명한 바와 같이, 상기 클래드층의 도전형은 서로 반대일 수 있다. 다만, 본 실시형태와 같이, 활성층(25)의 상부에 n형 GaN 클래드층(25c)을 형성하면, 일반적으로 n형 결정층이 보다 저저항이므로, 전류밀도분포를 효과적으로 개선할 수 있다.

또한, 본 발명은 수직 GaN 발광 다이오드의 제조방법을 제공할 수 있다.

도3a 내지 3e는 본 발명에 따른 수직 GaN 발광 다이오드의 제조공정을 설명하기 위한 각 공정별 단면도이다. GaN 발광 다이오드의 제조공정은 소정의 웨이퍼를 이용하여 복수개로 제조되나, 도3a- 3e에서는 설명의 편의를 위해, 하나의 GaN 발광다이오드를 제조하는 공정을 예시하고 있다.

도3a와 같이, 본 발명에 따른 GaN 발광다이오드의 제조공정은 사파이어기판(31) 상에 GaN 단결정인 발광구조물(35)을 성장하는 단계로 시작된다. 앞서 설명한 바와 같이, GaN 발광구조물(35)은 사파이어기판(31)을 성장기판으로 이용하여 성장될 수 있다. 상기 발광구조물(35)은 보다 양질의 결정을 성장시키기 위해, 사파이어기판(31) 상에 GaN/AlN 결정층과 같은 버퍼층(미도시)을 형성한 후에 성장시킬 수도 있다.

또한, 최종적인 LED의 상부에 n형 GaN 클래드층(35a)을 위치시키고자 할 때에는, 최종적인 구조에서는 현재의 상하부위치가 반전되므로, 도3a와 같이 n형 GaN 클래드층(35a), 활성층(35b) 및 p형 GaN 클래드층(35c)을 순차적으로 형성한다.

이어, 도3b와 같이, 발광 다이오드의 유효휘도를 향상시키기 위해서, p형 GaN 클래드층(35c) 상에 반사층(32)을 형성할 수 있다. 상기 반사층(32)은 Au, Ni, Ag, Al 및 그 합금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 반사율이 높은 금속을 이용할 수 있다. 상기 반사층(32)은 다른 단결정 구조와는 오믹접촉을 형성하여 수직방향으로 전류를 원활하게 도통시킬 수 있다. 상기 반사층(32)은 통상의 스퍼터링 장치를 이용하여 당업자에 의해 용이하게 구현될 수 있을 것이다.

다음으로, 도3c와 같이, 상기 반사층(32) 상에 도전성 접착층(34)을 이용하여 도전성 기판(41)을 접합시킨다. 본 공정은 반사층(32) 상에 도전성 접착층(34)을 미리 형성한 후에 도전성 기판(41)을 접합시키는 방식으로 도시되어 있으나, 이와 달리, 도전성 접착층(34)을 도전성 기판(41)의 하면에 형성한 후에 그 면을 반사층(32)에 접합하는 방식으로 구현될 수도 있다. 상기 도전성 접착층(34)을 구성하는 물질은 풀립칩 본딩에 이용될 수 있는 합금일 수 있으며, 약 200~ 300°C의 낮은 용점을 갖고 있어 저온에서 접착이 가능한 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 이를 만족하는 도전성 접착층(34)의 물질로는, Au- Sn, Sn, In, Au- Ag 및 Pb- Sn을 포함하는 그룹으로부터 선택된 물질을 사용할 수 있다.

또한, 상기 도전성 기판(41)은 불순물이 도핑되어 도전성을 가질 수 있는 실리콘, 게르마늄 또는 GaAs를 포함하는 기판을 사용하는 것이 바람직하다. 한편, 도3b에 도시된 반사층(32)형성공정을 생략할 경우에 상기 도전성 접착층(34)은 p형 GaN 클래드층(35c) 상에 직접 형성될 수도 있다.

도3d와 같이, 도전성 기판(41)의 접착공정이 완료되면, 사파이어 기판(도3c의 31)을 제거한다. 사파이어 기판은 레이저 용융, 기계적 연마, 화학적 식각과 같은 공지 기판제거 기술 중 하나를 이용하여 제거될 수 있으나, 사파이어 기판은 알 루미늄 옥사이드( $Al_2O_3$ )의 육면체결정구조로서 매우 견고하므로, 기계적 연마나 화학적 식각공정을 사용하는 경우에는 공정비용이나 시간이 증가하는 문제가 있다. 따라서, 주로 사파이어기판과 GaN 발광구조물의 열팽창계수(thermal coefficient of expansion; TCE)의 차이를 이용하여 분리하는 방법이 주로 이용된다. 이러한 대표적인 방법이 레이저빔을 이용하는 분리방법이다.

그러나, 레이저 빔과 같이 열을 이용한 방법은 격자부정합 및 열팽창계수의 차이로 인해, 단결정면을 손상시켜 최종적인 발광다이오드의 신뢰성을 저하는 문제가 있다. 본 발명에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 구체적인 사파이어 기판분리기술도 제공한다. 이에 대해서는 후술하기로 한다.

최종적으로, 도3e와 같이, 도전성 기판(41)과 n형 GaN 클래드층(35a)의 노출면에 p형 및 n형 콘택(47, 49)을 형성함으로써 최종적인 수직구조 GaN 발광 다이오드가 완성될 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 GaN 발광 다이오드는 수직구조로 형성되어, 소자의 신뢰성 및 휘도를 획기적으로 향상시킬 수 있다.

또한, 본 공정에 대한 설명에서는 편의를 위해 개별소자단위의 공정을 예시하였으나, 실제의 공정과 같이 웨이퍼로 복수개를 동시에 제조하는 경우에, 개별 발광 다이오드로 절단공정하는 공정에서 추가적인 공정과 비용을 유발하는 견고한 사파이어 기판이 미리 제거되므로, 간소한 공정으로 절단될 수 있다.

본 발명에 따른 수직구조 GaN 발광다이오드 제조방법은 GaN 단결정 발광구조물을 사파이어기판 상에서 성장시키고

, 그 사파이어 기판의 위치한 반대면에 실리콘 기판과 같은 도전성 기판을 도전성 접착층을 이용하여 접합시킨 후에 사파이어기판을 제거함으로써 수직구조 발광다이오드를 간소한 공정을 통해 형성할 수 있다.

여기서, 본 발명은 상기 수직구조 GaN 발광다이오드 제조방법을 보다 용이하게 구현하면서, 보다 우수한 발광 다이오드를 얻을 수 있는 바람직한 세부기술도 제공할 수 있다.

본 발명의 수직구조 GaN 발광다이오드 제조방법 중 사파이어 기판을 분리하는 공정은 앞서 설명한 바와 같이, 여러 공지기술이 있으나, 실질적으로 적용하는데 많은 문제가 있다. 특히, 바람직한 공정으로 제시될 수 있는 레이저 빔을 이용한 분리기술도 실질적으로 사파이어기판과 단결정 GaN 발광구조물의 열팽창계수 및 격자부정합으로 인해 레이저 빔 조사과정에서 상기 GaN 결정면이 손상되는 문제가 발생할 수 있다.

도4a는 통상의 레이저빔을 이용한 사파이어분리공정의 문제점을 설명하기 위한 공정단면도이다.

도4a를 참조하면, 사파이어 기판(111) 상에, 발광 구조물을 구성하는 GaN 단 결정층(125)가 형성되고, 그 위에 도전성 접착층(124)을 이용하여 실리콘 기판과 같은 도전성 기판(121)이 형성되어 있다. 여기서 도시된 구조는 도3a-3e와 달리, 사파이어 기판(111) 상에 GaN 발광다이오드가 복수개로 구현된 형태이다.

사파이어 기판(111)을 분리하기 위해, 레이저 빔을 사파이어 기판(111)의 하부에서 조사할 때에, 사파이어 기판(111)과 GaN 단결정층(125)의 열팽창계수와 격자부정합으로 인해 잔류 응력이 발생한다. 즉, 사파이어의 열팽창계수는 약  $7.5 \times 10^{-6} / K$  인데 반하여, GaN 단결정은 약  $5.9 \times 10^{-6} / K$ 이며, 약 16%의 격자부정합을 가지며, GaN/AlN버퍼층형성하는 경우에도, 수 %의 격자부정합이 발생하므로, 이로 인해, 레이저 빔에 의한 열발생시에, 사파이어기판(111)과 GaN 단결정층(125)의 표면에서는 각각 큰 압축응력과 인장응력이 발생된다.

특히, 레이저 빔의 조사면적이 협소하여(최대 10mm×10mm), 사파이어 기판에 국부적으로 조사되면서 수회 반복하는 방식으로 실행되므로, 응력발생문제는 보다 심각해져, GaN 단결정층(125)의 표면을 크게 손상시킬 수 있다.

도4b는 통상의 사파이어 기판 분리방식을 이용한 경우에 잔류응력에 의해 손상이 발생한 GaN 단결정층(125)의 표면을 나타낸다. 도4b를 참조하면, 격자부정합과 열팽창계수(TCE)의 차이로 인해, 레이저빔을 이용하여 분리하는 과정에서, GaN 단결정층의 표면이 부분적으로 파괴된 부분이 다수로 발생한다는 것을 알 수 있다.

결국, 이러한 손상된 단결정면은 최종적인 GaN 발광 다이오드의 전기적 특성을 크게 저하시키게 된다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해서, 본 발명에 따른 GaN 발광다이오드 제조방법에서는 새로운 사파이어기판 분리공정을 제공한다. 본 발명의 바람직한 형태에서 제안되는 사파이어기판 분리공정은 발광구조물을 형성하는 GaN 단결정층의 표면에 미치는 응력을 최소화하기 위해서 사파이어 기판 상에 GaN 단결정층을 미리 개별 소자단위로 절단하는 것이다.

도5a 내지 도5f는 본 발명의 바람직한 실시형태에서 사용되는 사파이어 기판 분리공정을 설명하기 위한 각 단계별 측 단면도이다.

도5a를 참조하면, 사파이어 기판(131) 상에 GaN 단결정층으로 이루어진 발광 구조물(135)이 형성되어 있다. 상기 발광구조물(135)을 구성하는 GaN 단결정층은 n형 GaN 클래드층(135a), 활성층(135b) 및 p형 GaN 클래드층(135c)을 포함한다.

이어, 도5b와 같이, 상기 GaN 발광 구조물(135)을 소정의 크기(S1)를 갖도록 절단한다. 본 실시형태와 같이, 발광구조물 부분에 대한 추가적인 절단공정을 하지 않으며, 가능한 발광 구조물의 크기(S)를 작게 하여 레이저빔 조사에 의한 응력발 생을 최소화하기 위해서, 상기 소정의 크기는 최종적인 발광 다이오드에 상응하는 크기로 절단하는 것이 바람직하다. 하지만, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며, 레이저 빔 조사면적과 거의 동일하거나 그보다 작은 크기로 절단하는 경우에도, GaN 단결정면에 발생하는 응력을 충분히 감소시킬 수 있다.

다음으로, 도5c와 같이, 도전성 접착층(134)을 이용하여 도전성 기판(141)을 절단된 발광구조물(135) 상면에 접합시킨다. 본 공정은 도3d에서 설명된 공정과 달리, 도전성 접착층(134)을 도전성 기판(141)의 하면에 형성한 후에 그 면을 발광구조물(135: 정확히 표현하면 p형 GaN 클래드층(135c))상에 접합하는 방법으로 구현된 형태를 도시한다. 이와 같이, 절단된 발광구조물(135) 상면에 도전성 기판(141)을 접합함으로써 이후 사파이어 기판(131)이 분리되더라도, 각 절단된 발광구조물(135)은 안정적으로 정렬될 수 있으며, 따라서, 컨택형성과 같은 후속공정에서도 정렬된 상태로 마스크 등을 이용하여 용이하게 실행될 수 있다. 또한, 본 실시예와 같이 반사층이 없이 직접 도전성 기판을 접합하는 경우에는, 도전성 접착층으로 사용할 수 있는 금속물질이 반사층역할을 할 수 있다.

이어, 도5d와 같이, 사파이어 기판(131)의 하부에 레이저 빔을 조사하여 순간적인 응력발생을 이용하여 상기 절단된 각 발광구조물(135)로부터 상기 사파이어 기판을 분리시킨다. 이 때에, 상기 발광구조물(135)의 계면에서 발생하는 응력은 그 감소된 면적에 비례하여, 큰 구경을 갖는 웨이퍼에 레이저 빔을 조사할 때보다 발생하는 잔여응력을 감소시킬 수 있다.

또한, 일반적으로, 본 공정은 레이저 빔의 조사면적은 웨이퍼의 면적보다 작으므로, 레이저 빔을 수회 반복하는 방식으로 실행된다. 따라서, 1회 레이저 빔의 조사시에 그 조사된 부분이 분리될 수 있도록, 도5b의 발광구조물의 절단공정에서 절단되는 크기는 적어도 레이저 빔 조사면적으로 하는 것이 바람직하다.

다음으로, 도5e와 같이, 상기 결과물의 양면에 컨택형성공정을 실시한다. 도5e는 도5d의 결과물을 상하가 반전된 상태로 도시한 것이다. 여기서 컨택형성공정은 개별 발광구조물(135)인 n형 GaN 클래드층(135a)의 상면과 도전성 기판(141)의 하면에 대해 실시된다. 다만, n형 GaN 클래드층(135a)의 상면에 형성되는 n형 컨택(149)은 마스크를 이용하여 일부영역(일반적으로 상면의 중앙)에만 선택적으로 형성되며, p형 컨택(147)은 배면전극으로서 도전성 기판(141) 하면에 대해 전체적으로 형성될 수 있다.

최종적으로, 도5f와 같이, 도5e 공정의 결과물을 개별 발광 다이오드의 크기로 절단하여 최종적인 수직구조 GaN 발광 다이오드(140)를 얻을 수 있다. 일반적으로 도전성기판(141)은 사파이어기판에 비해 강도가 작은 실리콘기판 등이 사용되므로, 훨씬 쉽게 절단될 수 있다.

본 실시형태와 같이, 도5b의 공정에서 발광구조물(135)을 개별 발광다이오드의 크기로 미리 절단되는 경우에는, 본 공정은 도전성 기판(141)의 절단공정으로만 실시되나, 레이저 빔 조사면적과 관련된 크기로 절단되는 경우에는, 발광구조물(135)에 대한 절단공정을 동시에 실시할 수도 있다.

이와 같이, 본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 첨부된 청구범위에 의해 한정하고자 하며, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게는 자명할 것이다.

#### 발명의 효과

상술한 바와 같이, 본 발명의 GaN 발광 다이오드에 따르면, 사파이어기판을 제거하고 실리콘 기판을 사용하므로, 열 방출효과가 양호해지고, 전류흐름도 종래의 수평구조 발광다이오드보다 넓은 면적을 통해 형성되어 순방향 전압을 감소시킬 수 있으며, 정전기 방전효과도 향상시킬 수 있다.

또한, 공정측면에서는, 전류밀도분포를 충분히 개선할 수 있으므로, 투명전극의 형성공정이 필요하지 않으며, 견고한 사파이어기판이 제거되므로, 개별 소자 단위로 절단하는 공정이 간소해질 수 있다.

나아가, LED의 휘도측면에서도, 종래의 수평구조 발광다이오드와 달리, 활성층의 일부를 식각하는 공정이 요구되지 않으므로, 넓은 발광면적을 확보할 수 있어 휘도를 보다 향상시킬 수 있다는 잇점이 있다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

제1 컨택이 형성된 상면을 갖는 제1 도전형 GaN 클래드층;

상기 제1 도전형 GaN 클래드층 하면에 형성된 활성층;

상기 활성층 하면에 형성된 제2 도전형 GaN 클래드층;

상기 제2 도전형 GaN 클래드층에 형성된 도전성 집착층; 및

상기 도전성 집착층 하면에 형성되며, 제2 컨택이 형성된 하면을 갖는 도전성 기판을 포함하는 GaN 발광 다이오드.

##### 청구항 2.

제1항에 있어서,



상기 제2 도전형 GaN 클래드층과 상기 도전성 접착층 사이에 형성된, 도전성물질로 이루어진 반사층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드.

### 청구항 3.

제2항에 있어서,

상기 반사층은,

Au, Ni, Ag, Al 및 그 합금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드.

### 청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 도전성 기판은,

실리콘, 게르마늄, 및 GaAs를 포함하는 그룹으로부터 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드.

### 청구항 5.

제1항에 있어서,

상기 도전성 접착층은,

Au- Sn, Sn, In, Au- Ag 및 Pb- Sn을 포함하는 그룹으로부터 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드.

### 청구항 6.

제1항에 있어서,

상기 제1 도전형 GaN 클래드층은 n형 불순물이 도핑된 GaN 결정층이며,

상기 제2 도전형 클래드층은 p형 불순물이 도핑된 GaN 결정층인 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드.

### 청구항 7.

사파이어기판 상에, 제1 도전형 GaN 클래드층, 활성층 및 제2 도전형 GaN 클래드층이 순차적으로 배치된 발광구조물을 형성하는 단계;

상기 발광구조물을 소정의 크기로 절단하는 단계;

도전성 접착층을 이용하여 상기 발광구조물의 노출된 상면에 도전성 기판을 접합하는 단계;

상기 발광구조물로부터 상기 사파이어기판을 제거하는 단계;

상기 제1 도전형 클래드층의 양면 중 상기 사파이어 기판이 제거된 면과 상기 도전성 기판의 노출된 면에 제1 및 제2 컨택을 각각 형성하는 단계; 및,

상기 제1 및 제2 컨택이 형성된 결과물을 개별 발광다이오드로 절단하는 단계를 포함하는 GaN 발광 다이오드 제조 방법.

### 청구항 8.

제7항에 있어서,

상기 제2 도전형 GaN 클래드층 상에 도전성 물질로 이루어진 반사층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

### 청구항 9.

제8항에 있어서,

상기 반사층은,

Au, Ni, Ag, Al 및 그 합금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

청구항 10.

제7항에 있어서,

상기 발광구조물의 노출된 상면에 도전성 기판을 접합하는 단계는,

상기 도전성 기판의 하면에 상기 도전성 접착층을 형성하는 단계와,

상기 도전성 기판의 상기 하면과 상기 발광구조물의 노출된 상면을 접합시키는 단계로 이루어진 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

청구항 11.

제7항에 있어서,

상기 발광구조물의 노출된 상면에 도전성 기판을 접합하는 단계는,

상기 발광구조물의 노출된 상면에 상기 도전성 접착층을 형성하는 단계와,

상기 도전성 기판을 상기 발광구조물의 상면에 접합시키는 단계로 이루어진 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

청구항 12.

제7항에 있어서,

상기 사파이어기판을 제거하는 단계는,

상기 사파이어기판 하부에 레이저 빔을 조사하여 상기 발광구조물로부터 상기 사파이어기판을 분리하는 단계인 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법

청구항 13.

제12항에 있어서,

상기 발광구조물이 절단되는 소정의 크기는, 상기 레이저빔에 의한 조사면적과 거의 동일하거나 작은 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

청구항 14.

제12항에 있어서,

상기 발광구조물이 절단되는 소정의 크기는, 상기 분리된 발광구조물이 각각 개별 발광다이오드의 크기에 일치하며,

상기 개별 발광다이오드로 절단하는 단계는 상기 도전성 기판을 개별 발광다이오드 크기로 절단하는 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

청구항 15.

제7항에 있어서,

상기 도전성 기판은,

실리콘, 게르마늄 및 GaAs를 포함하는 그룹으로부터 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

청구항 16.  
제7항에 있어서,

상기 도전성 접착층은,

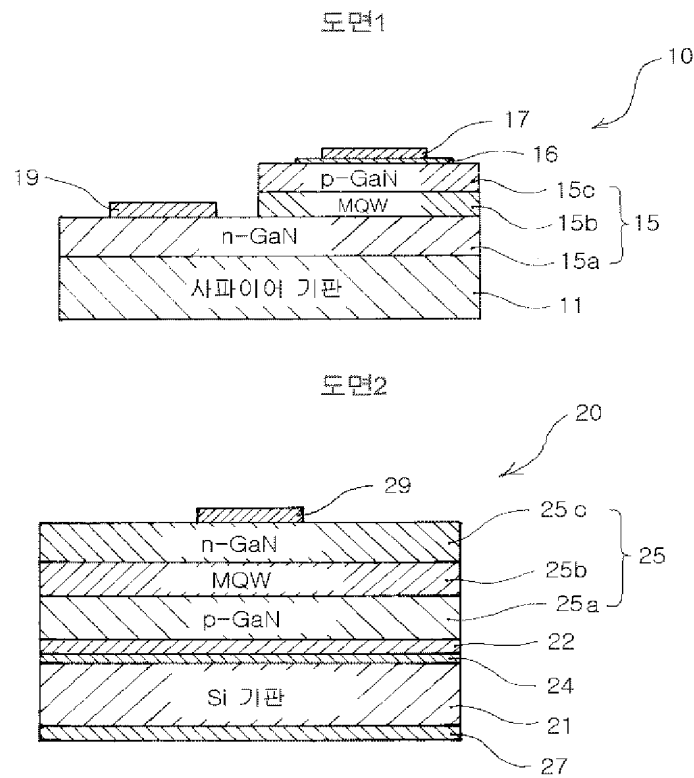
Au- Sn, Sn, In, Au- Ag 및 Pb- Sn을 포함하는 그룹으로부터 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

청구항 17.  
제7항에 있어서,

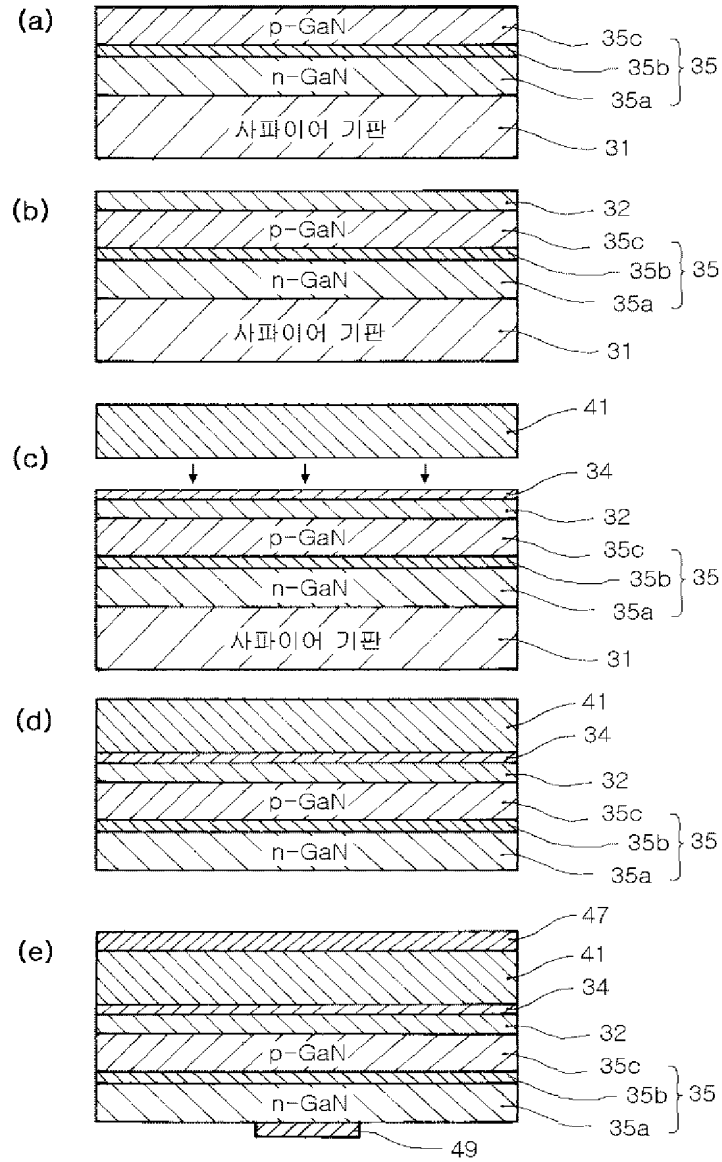
상기 제1 도전형 GaN 클래드층은 n형 불순물이 도핑된 GaN 결정층이며,

상기 제2 도전형 클래드층은 p형 불순물이 도핑된 GaN 결정층인 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

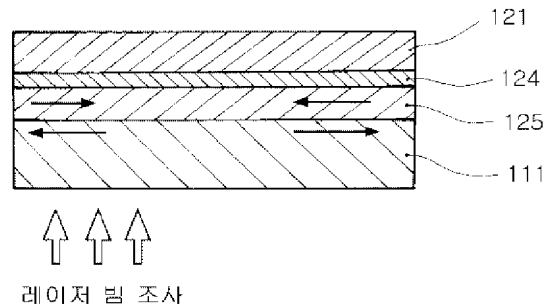
도면



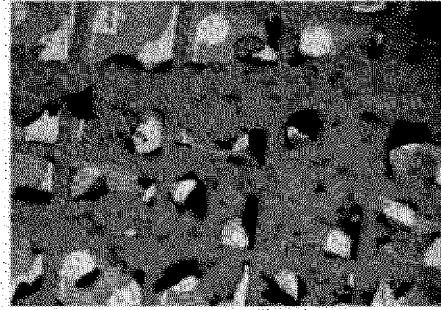
도면3



도면4a



도면4b



도면5

